

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-162415

(43)Date of publication of application : 16.06.2000

(51)Int.Cl.

G02B 5/10

G02B 17/00

G03F 7/20

H01L 21/027

(21)Application number : 11-267313

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 21.09.1999

(72)Inventor : TAKINO HIDEO  
SHIBATA NORIO  
SHINADA KUNINORI

(30)Priority

Priority number : 10268580

Priority date : 22.09.1998

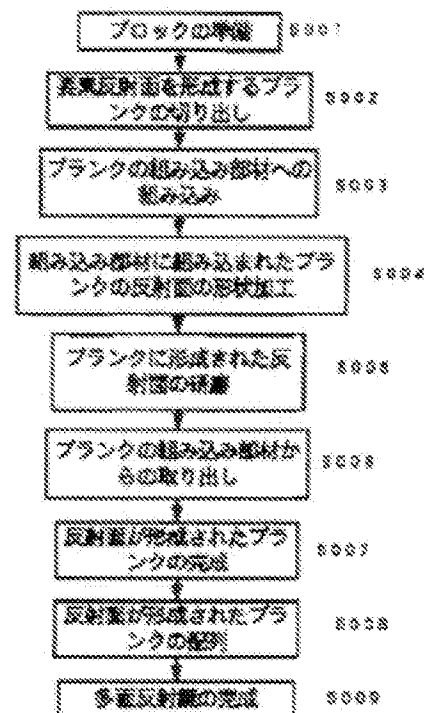
Priority country : JP

## (54) MANUFACTURE OF REFLECTION MIRROR OR REFLECTION TYPE LIGHTING SYSTEM OR SEMICONDUCTOR EXPOSING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a manufacturing method capable of manufacturing a multi-light source reflection mirror having an exact reflective surface shape according to a design with a high yield, and to obtain a high-throughput semiconductor exposing device.

SOLUTION: A reflection mirror is manufactured by disposing plural element reflective surfaces each having a surface shape of a part of a prescribed curved surface to respective prescribed positions. This manufacturing method for the reflection mirror has a process (S002) wherein a blank is formed by cutting a work to be machined such that the blank has a shape of the element reflective surface except a reflective surface; a process (S003) wherein the blank is installed to an installing member; a process (S004) wherein the blank is machined by cutting or grinding such that a surface of the blank has the prescribed curved surface shape; a process (S005) wherein the element reflective surface is formed by polishing the machined blank surface having the prescribed curved, surface shape; and a process (S006) wherein the polished blank is taken out. After a series of the processes (S002), (S003), (S004), (S005), (S006) is repeated plural times, the blanks having the plural element reflective surfaces are disposed to the prescribed positions.



(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
G 0 2 B 5/10		G 0 2 B 5/10	C
17/00		17/00	Z
G 0 3 F 7/20	5 2 1	G 0 3 F 7/20	5 2 1
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 1 5 D
			5 3 1 A
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)			

(21) 出願番号 特願平11-267313

(22) 出願日 平成11年9月21日 (1999.9.21)

(31) 優先権主張番号 特願平10-268580

(32) 優先日 平成10年9月22日 (1998.9.22)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 瀧野 日出雄

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(72) 発明者 柴田 規夫

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(72) 発明者 品田 邦典

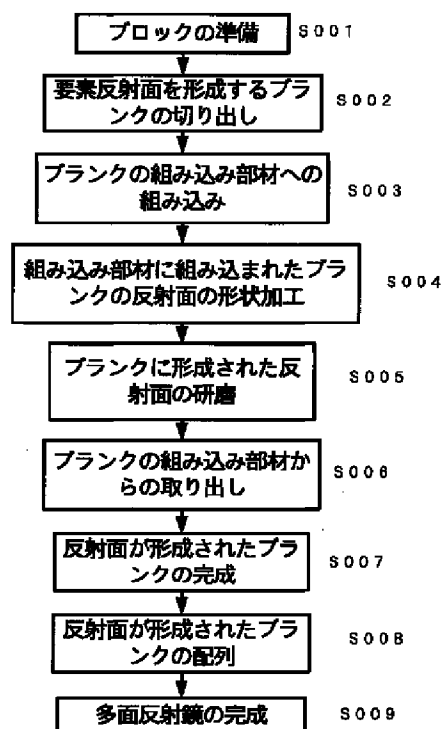
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(54) 【発明の名称】 反射鏡の製造方法又は反射型照明装置又は半導体露光装置

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、設計通りの反射面形状を有する多光源形成反射鏡を歩留まり良く製造できる製造方法を提供することを第1の目的にし、更には、よりスループットの高い半導体露光装置を得ることを第2の目的にしている。

【解決手段】 上記の目的を達成するために、本発明の第1の形態では、所定の曲面の一部を面形状とする要素反射面を複数形成し、所定の位置に配置してなる反射鏡の製造方法であって、被加工物から反射面以外の形状が要素反射面の形状になるように切り出して、ブランクを形成する工程 (S 0 0 2) と、次に、ブランクを組み込み用部材に組み込む工程 (S 0 0 3) と、次に、組み込み部材と共にブランクを切削又は研削加工して、ブランクの面を所定の曲面形状に加工する工程 (S 0 0 4) と、次に、所定の曲面形状に加工されたブランクの面を研磨加工して要素反射面を形成する工程 (S 0 0 5) と、次に、加工されたブランクをより取り出す工程 (S 0 0 6) とを複数回繰り返し、要素反射面が複数有したブランクを前記所定の位置に配列することとした。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定の曲面の一部を面形状とする要素反射面を複数形成し、所定の位置に配置してなる反射鏡の製造方法であって、

被加工物から反射面以外の形状が所望の形状になるように切り出して、ブランクを形成する工程と、

次に、前記ブランクを組み込み用部材に組み込む工程と、

次に、前記組み込み用部材と共にブランクを切削又は研削加工して、前記ブランクの面を前記所定の曲面形状に加工する工程と、

次に、前記所定の曲面形状に加工された前記ブランクの面を研磨加工して要素反射面を形成する工程と、

次に、加工された前記ブランクを前記組み込み用部材から取り出す工程とを複数回繰り返し、要素反射面を有した複数のブランクを前記所定の位置に配列することで製造される反射鏡の製造方法。

【請求項2】 所定の曲面の一部を面形状とする要素反射面を複数形成し、所定の位置に配置してなる反射型照明装置であって、

被加工物から反射面以外の形状が所望の形状になるように切り出して、ブランクを形成してから、前記ブランクを組み込み用部材に組み込み、前記所定の曲面の一部を前記ブランクに形成し、前記所定の曲面の一部が形成された要素反射面を前記所定の位置に配列した反射型照明装置。

【請求項3】 光源、マスクを保持して移動するマスクステージ、該マスクを前記光源からの光によって照明する照明光学系、該マスク上に形成されたパターンをウェハ上に投影する投影光学系、ウェハを保持して移動させるウェハステージを有する半導体露光装置であって、前記照明光学系の一部に請求項2記載の反射型照明装置を有し、前記要素反射面は前記投影光学系の光学視野と相似形であることを特徴とする半導体露光装置。

【請求項4】 請求項3記載の半導体露光装置であって、該反射型照明装置の各々の反射面は円弧形状であることを特徴とする半導体露光装置。

【請求項5】 所定の曲面の一部を面形状とする要素反射面を複数形成し、所定の位置に配置してなる反射鏡の製造方法であって、

被加工物から反射面以外の形状が所望の形状になるように切り出して、ブランクを形成する工程と、

次に、前記ブランクを切削又は研削加工して、前記ブランクの面を前記所定の曲面形状に加工する工程と、

次に、前記所定の曲面形状に加工された前記ブランクの面を研磨加工して要素反射面を形成する工程とを複数回繰り返し、要素反射面を有した複数のブランクを前記所定の位置に配列することで製造される反射鏡の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、反射鏡の製造方法及び半導体製造装置に関するものであり、特に、微小な要素反射面を所定の位置に複数個、配列することにより構成される反射鏡の製造方法、反射型照明装置、更にはその照明装置を用いた半導体露光装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 現在、DRAMやMCP等の半導体デバイスの製造においては、最小線幅をより狭くする開発研究が盛んに行われており、デザインルール 0.13  $\mu\text{m}$  (4G・DRAM相当)、0.1  $\mu\text{m}$  (16G・DRAM相当)、更には0.07  $\mu\text{m}$  (32G・DRAM相当)の実現に向けて種々の技術が開発されている。

【0003】 この最小線幅の問題と切っても切れない関係を有するのが、露光時に生じる光の回折現象であり、これに起因する像や集光点のボケが必要な最小線幅を実現する時の最大の問題点である。この回折現象の影響を押さえるためには露光光学系の開口数 (N.A.: Numerical aperture) を大きくする必要があり、光学系の大口径化と波長の短波長化が開発のポイントになっている。

【0004】 ところが、光の波長が短くなると、特に200nm以下になると、加工が容易で、光吸収の少ない光学材料が見当たらなくなってくる。そこで、透過光学系を捨てて、反射光学系による投影光学系の開発がなされており、相当な成果を上げている。その中に、複数の反射鏡の組み合わせによって、軟X線に対して円弧状の光学視野（露光領域として使用出来る領域）を実現し、マスクとウェハを投影縮小率比の相対速度で、互いに同期して移動させることによってチップ全体を露光しようとする方法がある。（例えば、Koichiro Hoh and Hiroshi Tanino; “Feasibility Study on the Extreme UV / Soft X-ray Projection-type Lithography”, Bulletin of the Electrotechnical Laboratory Vol. 49, No. 12, P. 983-990, 1985. が参照となる。なおこの文献を以後、参考文献1と記す）。

【0005】 ところで、最小線幅と並んで上記のような半導体デバイス製造にとって重要な要素にいわゆるスループットがある。このスループットに関与する要因としては、光源の発光強度、照明系の効率、反射系に使用する反射鏡の反射率、ウェハ上の感光材料・レジストの感度等がある。現在、光源としては、ArFレーザー、F<sub>2</sub>レーザー、更に短波長光の光源としてシンクロトロン放射光やレーザープラズマ光がある。また、これらの光を反射する反射鏡に関しても、高い反射率が得られるように多層膜反射鏡の開発も急ピッチで行われている（詳細は前述の参考文献1、及び、Andrew M. Hawryluk et al; “Soft x-ray beamsplitters and highly dispersive multilayer mirrors for use as soft x-ray laser cavity component”, SPIE Vol. 688 Multilayer Structure and Laboratory X-ray Laser Research (1986) P.8

1-90 及び、特開昭63-312640を参照)。

【0006】さて、半導体露光装置についてであるが、この半導体露光装置には、ムラ無く均一に原版を照明するために、光源の光量分布がどうであれ均一に原版に照明するための照明光学系が開発されている。この照明光学系に要求されるものは、一様照明性や開口性である。例えば特開昭60-232552号公報には、矩形形状の照明領域を対象とした技術が提案されている。しかし、半導体露光装置は、原版のパターンをウェハ上に形成する投影光学系を備えており、この投影光学系の視野が円弧状である場合、照明視野が矩形形状では光の利用効率が悪く、どうしても露光時間を短縮出来ず、従って、スループットが上がらなかった。

【0007】最近、この問題を解決する方法として、投影光学系の有する光学視野に合わせて照明視野を設定し、この照明視野に光源からの光を集光する方法として、例えば、特開平10-70058「X線縮小投影露光装置及びこれを用いた半導体デバイス製造装置」が提案されている。これは、照明光学系として図15に示すシリンダカル形状の反射型凸面半円柱型インテグレータが用いられている。反射型凸面半円柱型インテグレータは、微小な凸面半円柱面を1次元に多数配置した形状の反射面を持つ全反射ミラーである。また、反射型凸面半円柱型インテグレータの代わりに、図16に示すような反射型凹面半円柱型インテグレータを用いることもできる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記のような反射鏡は通常、一つの基板を被加工物として、ボールエンドミルを備えた切削加工機を用いて切削加工により製作される。ボールエンドミルは図17(a)に示すような形状であり、その位置を被加工物に対して3次的に制御することによって、同図(b)のように色々な面の加工が可能である。

【0009】しかし、一つのアルミニウム基板から、図15に示した反射面形状を形成し、出来上がった多光源形成反射鏡を用いて実際に照明してみると、予期した良好な反射効率を有するインテグレータが形成されず、このようなインテグレータを用いた半導体露光装置には、高いスループットが得られなかった。そこで、その原因を追究したところ、図18に示すように、凸面形状と凸面形状が互いに隣接しており、谷となっている部分に加工残りが存在し、この部分の影響が主なものであることが判明した。この加工残りはボールエンドミルの軸半径に起因するものである。

【0010】また、一つの基板から複数の反射面形状を形成する加工法では、加工工程中において、たとえ1カ所加工に失敗しても、新たな被加工物を準備して、また最初から加工し直さなければならなかった。この結果、高い加工効率が得られなかった。更に、図15と図16

に示すような反射型インテグレータを既存の加工装置で製造しようとする、反射型インテグレータの一つの反射面の長さが長い、装置のステージの移動量が不足して加工できないことが多かった。

【0011】また、加工できたとしても、長尺であるために装置の運動精度が原因となって、高い形状精度が得られないと言う問題があった。そこで、本発明はこのような課題を解決するべく考案したものであり、設計通りの反射面形状を有する多光源形成反射鏡を歩留まり良く製造できる製造方法を提供することを第1の目的にし、更には、よりスループットの高い半導体露光装置を得ることを第2の目的にしている。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明の第1の形態では、所定の曲面の一部を面形状とする要素反射面を複数形成し、所定の位置に配置してなる反射鏡の製造方法であって、被加工物から反射面以外の形状が要素反射面の形状になるように切り出して、ブランクを形成する工程と、次に、ブランクを組み込み用部材に組み込む工程と、次に、組み込み用部材と共にブランクを切削又は研削加工して、ブランクの面を所定の曲面形状に加工する工程と、次に、所定の曲面形状に加工されたブランクの面を研磨加工して要素反射面を形成する工程と、次に、加工されたブランクを組み込み用部材から取り出す工程とを複数回繰り返し、要素反射面を有した複数のブランクを前記所定の位置に配列することとした。

【0013】この様に、要素反射面の輪郭など、要素反射面のうち反射面の曲率や面精度以外の形状と同じ形状になるように被加工物から切り出すことでブランクを形成し、そのブランクを組み込み用部材に組み込んでから、反射面の研削、研磨を行う。このとき、組み込み用部材もブランクと一緒に研削、研磨を施すことで、要素反射面の境目近傍における部分も形状加工できるようになった。

【0014】また、本発明の第2の形態では、所定の曲面の一部を面形状とする要素反射面を複数形成し、所定の位置に配置してなる反射型照明装置であって、被加工物から反射面以外の形状が所望の形状になるように切り出して、ブランクを形成してから、ブランクを組み込み用部材に組み込み前記所定の曲面の一部を前記ブランクに形成することで形成された要素反射鏡を前記所定の位置に配列することとした。

【0015】この様に、反射面の輪郭など反射面以外の部分に関する形状と同じになるように、基板から切り出してブランクを形成し、そのブランクを組み込み用部材に組み込んで、組み込み部材と共に研削、研磨を行うことで、反射面の境目付近も所望の形状に形状加工することができる。そして、この様にして形成された要素反射鏡を所定の位置に配置して多面反射鏡を形成すること

で、有効反射面が広く明るい反射型照明装置を形成することができる。

【0016】また、更に本発明の第3の形態では、光源、マスクを保持して移動するマスクステージ、マスクを照明する照明光学系、マスク上のパターンをウェハ上に投影する投影光学系、ウェハを保持して移動させるウェハステージを有する半導体露光装置であって、照明光学系に本発明の第2の形態で示した反射型照明装置を有し、その要素反射面は投影光学系の光学視野と相似形であることとした。

【0017】この様に有効反射面が広く明るい反射型照明装置を用いることで、光源からの光を効率よくマスク上に照射することができ、スループットの向上した半導体露光装置を得ることができる。また、更に本発明の第3の形態では、マスクのパターンをウェハ上に投影する投影光学系の持つ、光学視野と相似形状の要素反射面を有することで、投影光学装置の光学視野以外の部分を照明せず、光学視野内のみに集光してマスクを照射するため、更にスループットの向上が期待できる。

【0018】また、本発明の第3の形態において、投影光学装置の光学視野としては、円弧状としている。また、本発明の第4の形態では、所定の曲面の一部を面形状とする要素反射面を複数形成し、所定の位置に配置してなる反射鏡の製造方法であって、被加工物から反射面以外の形状が所望の形状になるように切り出して、ブランクを形成する工程と、次に、ブランクを切削又は研削加工して、ブランクの面を所定の曲面形状に加工する工程と、次に、所定の曲面形状に加工されたブランクの面を研磨加工して要素反射面を形成する工程とを複数回行い、要素反射面を有した複数のブランクを所定の位置に配列することで製造されることとした。

【0019】この様に最初に反射面の輪郭形状など精度をあまり高くする必要が無く、表面粗さもさほど小さくする必要が無い部分を先に加工して、その後高精度で高い表面粗さを必要とする反射面を形成し、それを所定の位置に複数配置することにより、有効反射面が大きく各反射面の境目部分も所望の反射面形状に加工できるようになった。

【0020】次に本発明の実施の形態を例示して、更に詳しく説明する。しかしながら、本発明は発明の実施の形態にのみ記載されたものだけに限られない。

#### 【0021】

【発明の実施の形態】次に本発明の実施の形態として、図2に示す投影露光装置に用いられる反射型インテグレートである多面反射鏡について説明する。この多面反射鏡は、投影光学系の有する光学視野に合わせて照明視野を設定し、これによって照明効率を上げ、スループットの問題を解決するものであり、詳しくは同出願人が出願した特願平10-47400号に記載されている。この技術を図2をもとに簡単に説明する。

【0022】図2は、本発明の実施の形態における投影露光装置の概要図である。この投影露光装置では、光源1と、多面反射鏡2と、コンデンサー光学素子3と、反射鏡4と、マスク5と、マスクステージ5sと、投影光学系6と、ウェハ7と、ウェハステージ7sと、マスクステージコントローラ8と、ウェハステージコントローラ9が備わっている。

【0023】光源1より出た光は本発明の製造方法を用いて形成された多面反射鏡2に入射する。そして、多面反射鏡2で反射された光は、コンデンサー光学素子3及び反射鏡4を経てマスクステージ5s上に保持されたマスク5を照明する。なお、本明細書では多面反射鏡2、コンデンサー光学素子3及び反射鏡4をまとめて反射型照明光学系と言う。

【0024】マスク5には、ウェハステージ7s上に保持されたウェハ7上に描くべきパターンと相似形状のパターンが形成されている。そして、マスク5上のパターンは反射型照明光学系によって照明され、非球面反射鏡6a、6b、6c、6dからなる投影光学系6を通じてウェハ7上に投影される。この様にして、マスク5に形成されたパターンをウェハ7上に投影している。

【0025】ところで、投影光学系6の光学視野は円弧形状であり、製作すべきデバイスチップ全体をカバー出来るほど広くはなく、マスク5とウェハ7を同期させて相対的に移動（スキャン）させながら露光を行うことによってチップ全体のパターンをウェハ上に形成する。このために、マスクステージ5sの移動量を制御するレーザー干渉距離計を含むマスクステージコントローラ8とウェハステージ7sの移動量を制御するウェハステージコントローラ9が備わっている。（このスキャンを伴う露光方式に関しては先の参考文献1を参照）。

【0026】ところで、多面反射鏡2は、光源1からの光から光学的に複数の2次光源を形成するためにある。したがって、多面反射鏡2は、それぞれの反射面の輪郭が同じ複数の微小な要素反射面を有し、要素反射面の面形状が複数種類あり、その要素反射面が面形状毎に繰り返し配列されている。なお、要素反射面の外形状は投影光学系の光学視野形状と相似形にしている。これによって位置P2に多数の点光源像Iが形成され、これがコンデンサー光学素子3によって必要な照明視野を形成する。上記のような技術を用いると、マスク上の照明すべき領域を無駄無く一様に照明出来、露光時間の短縮が可能になって、高いスループットを有する半導体露光装置の実現が可能になる。

【0027】上記の様な、円弧状の照明視野を有する反射型照明光学系に用いられる多面反射鏡2と、その多面反射鏡2に形成される一つの要素反射面を実際に設計した結果を図3、4を用いて説明する。図3（a）に示すように、この多面反射鏡2は3種類の要素反射面（A1、B1、C1）から構成されている。そして、それぞ

れの要素反射面の一边を合わせて列をなして設けられている。そして、この様な列を所定の数の列分形成して、多面反射鏡2を形成している。ところで、多面反射鏡2の各列は、要素反射面がA1、B1、C1、A1、B1、C1…の順に配列されている。そして、各要素反射面の面形状は、一定の曲率を有する凹面に図4(a)，(b)，(c)に示した形状を投影したときの形状を有している。

【0028】図4に示された凹面41は、焦点距離が図2に示すP2の距離と同じ距離を有する球面を有している。この凹面41に形成された球面に、図4に示すようにYZ面に平行な円弧状帯(平均半径がZhの円の円弧状帯)を投影した形状と同じ形状を各要素反射面は有している。そして、要素反射面A1の形状は、投影する円弧の円の中心を、凹面41の球面の中心軸に合わせたときの投影像と同形状である。また、要素反射面B1、C1の形状は、投影する円弧の中心を、凹面41の球面の中心軸に対して垂直方向にYhだけずらせたときの投影像と同形状である。この様な形状は、いずれもほぼ円弧状になる。紙面に対して垂直方向から見れば完全な円弧状である。

【0029】このようにして出来た要素反射面に、例えばX方向より平行光線を入射させると要素反射面A1による点像が凹面41の球面の焦点位置と同じ位置に形成され、要素反射面B1による点像が焦点位置よりYhだけ横ずれして形成される。また、要素反射面C1による点像も同じく基板41の球面の焦点位置より-Yhだけ横ずれして形成される。

【0030】なお、要素反射面の好適な実用的な設計解としては、要素反射面の曲率半径Rは160～2000mm、図4に示すZhの距離は4.5～55mm、円弧の幅(円弧状帯の幅)は0.3～20mm、円弧の長さは4.5～55mm、図4(b)(c)に示すYhは約2.3～27mmとなり、更に表面粗さがrms<0.3nmである。

【0031】ところで、図3に示した多面反射鏡2を、一枚の基板からボールエンドミルを備えた切削加工機を用いて切削加工して製造すると、図5に示すような形状になる。このように、各要素反射面51同士が互に隣接している部分に加工残りCRが存在し、この部分に照射された光が所定の位置に反射してこないことが判明した。このように所定の位置に反射してこない光が有ると、マスク5に照明される光量が低下し、ウェハー7への露光時間が長くなる。その結果、スループットが低い露光装置になってしまう。

【0032】この様なことを解決するために、本発明の第1の実施例である多面反射鏡の製造方法について、図面を用いて説明する。ここで、要素反射面の曲率半径Rは1300mm、Zhは19mm、円弧の幅(円弧状帯の幅)は1.4mm、円弧の長さは20mm、Yhは約

7.5mmの場合を例にとる。本発明の実施の形態では、上記の様な多面反射鏡2を製作する場合、一つの基板上に一体的に要素反射面を順次機械的に形成し、その後で各々の要素反射面の形状や表面粗さを修正する方法には性能に限度があること、また時間と手間がかかるため製作費用に関してもマイナスが大きいことを考慮して、先ず各々の要素反射面を設計値通り製作し、しかる後にそれらを組み合わせる方がより高性能な多面反射鏡を安価に得られる、という考えに立脚している。

【0033】具体的には、反射面の加工以外の反射面形状の輪郭が形成されたブランクを最初に形成し、このブランクに反射面を形成するために樹脂、金属、セラミックスガラスなど研削・研磨加工をブランクとともに実施できる物質で形成された組み込み部材によって固定する。そして、組み込む部材に組み込まれたブランクを所定の面形状に加工することによって、ブランクに所望の要素反射面を形成した。このようにして形成された要素反射面を有するブランクを所定の位置に配置して多面反射鏡2を得ようとするものである。

【0034】以下に本発明にかかる実施の形態について、図面を用いて説明する。図1は本発明に係る実施の形態である多面反射鏡2である光学素子の加工方法を表すブロック図である。以下に、図1を参照して本発明の実施の形態にかかる製造方法の手順を説明する。

【0035】まず、金属またはガラスまたはセラミックスのブロックを準備する(S001)。X線用の反射鏡として考えた場合、反射しきれなかったX線が熱となって反射鏡自体を暖めてしまうため、熱膨張率の比較的低いものが好ましい。ブロックとして用いることのできる材料としては、シリコン、ULE、スーパーインバー材、無酸素銅、インバー材、アルミニウム、炭素鋼、石英ガラス、スタバックス材、パイレックスガラスなどが考えられる。

【0036】次に、用意したブロックから要素反射面の輪郭形状と同じ形状になるようにブランクを切り出す(S002)。図6に示すような、ブランク150を多数個切り出す。この際には、ブランク150の反射面を形成する光学面以外の面は、設計値どおりの精度に加工しておく。一方、光学面を形成する面については、形状は不問である。ただし、できるだけ設計値に近い形状にしておけば、以下の工程が省力化できる。

【0037】こうして得られた複数のブランクを、光学面が上面になるように、図7に示すように組み込み用部材151に埋め込む(S003)。このとき、ブランク150の光学面は樹脂面から露出していなくても良い。つぎに、組み込み用部材151の光学面側、すなわち図7に示した組み込み用部材の上面を、所望の形状に形状加工を行う(S004)。これにより、ブランクの光学面が設計値どおりの形状を有するようになる。

【0038】さらに、この切削加工されたブランクの面

を研磨し、鏡面に仕上げる（S005）。その後組み込み用部材151からブランクを取り出す（S006）ことで、図8に示すような形状を有するブランクが完成する（S007）。この様にしてブランクに各要素反射面A1、B1、C1をそれぞれ複数個作成し、その後それぞれのブランクを要素反射面が周期的に配列されるように、所定の位置に配置する（S008）。このようにして、図3に示した多面反射鏡2を製造することができる（S009）。

【0039】なお、組み込み用部材151にブランクを組み込んで要素反射面の光学面形状を形成する方法以外でも良い。例えば、要素反射面のエッジ部の縁だれが生じて、エッジ部の形状精度が多少低下しても目標精度以内の面形状を有する要素反射面を形成する場合ならば、ブランクを組み込み用部材に組み込まずに光学面を形成しても良い。

【0040】次に、従来の技術で説明した図15及び図16で示される反射型インテグレータを製造する場合における本発明の第2の形態について説明する。図15に示した反射型インテグレータを形成する場合の製造方法の概略を図9に示した。まず、最初に要素反射面を有したブランク91を形成する。図15に示した反射型インテグレータは、図15の紙面、奥行き方向に非常に長く、また図15の紙面、幅方向に半円柱形状の反射面が繰り返し形成されているような形状である。

【0041】したがって、本発明の第2の実施の形態では、まず、一つの半円柱形状を持つブランクを形成する。また、このブランクの長さも加工装置のステージに合わせ、あまり長くない程度の長さで要素反射面を形成する。この様にして形成された要素反射面を有するブランクを図9に示すように、断面形状が合うように2次的に配置する。この様にすることで十分な反射面積を有する。

【0042】なお、要素反射面の形状を有したブランクの形成方法は先に説明した実施の形態と同じ方法で形成できる。最初に平面のブロックから要素反射面の輪郭と同じ形状に切り出し、そして、組み込み用部材に切り出されたブランクを組み込む。そして、組み込み用部材に組み込まれたブランクの光学面に研削・研磨を行って反射面形状を形成する。この様にして形成できる。なお、図16に示すような凹面の反射面を有する反射型インテグレータも同様な方法で図10に示したように配置することで形成することができる。なお、半円柱面の長さがそれほど長尺で無い場合には、特に分割する必要が無いので、図11に示したように長手方向には分割しないで製造しても良い。

【0043】つぎに、本発明に係る第1の実施の形態の加工方法をより具体的に説明する。まず、無酸素銅のブロックを準備する。このブロックを図12に示すように、フライス切削機で切削することにより、厚み1.0

mm、高さ5mmで、断面（図中の斜線部）が半径5mmの円弧状で、長さが5mmのブランク150を複数製作する。図12では、ブロック121からフライスカッター122によりブランク150を切削する様子が図示されている。

【0044】なお、ブランク150の光学面を形成する面については、ブロック121から切り出す際に単に平面に加工しておいた。次に、このブランク150の光学面を形成する面が上になるようにし、そして、ブランク150の中心が形状加工する曲面の中心から $Zh=5\text{mm}$ の位置になるように旋盤に固定できるよう、ブランク150を組み込み用部材151に固定する。具体的には、ブランク150を熱可塑性の樹脂粉末に投入し、加熱、冷却することにより樹脂の組み込み用部材の中に埋め込む。そして、ブランク150が埋め込まれた組み込み用部材を旋盤に取り付け、曲率半径180mmの凹面球面に加工する。

【0045】加工終了後、旋盤からブランク150が埋め込まれた組み込み用部材151を取り外し、研磨機に取り付け、研磨する。これにより高い面精度を有しかつ表面粗さも十分小さい要素反射面A1がブランクに形成される。つぎに、組み込み用部材151から、要素反射面が形成されたブランク150を取り出す。

【0046】このようにして、要素反射面が形成された複数のブランク150を製作してゆく。なお、要素反射面B1やC1を形成する場合は、前述と同様にしてブランクを製作し、ブランク150の中心が形状加工する曲面の中心から $Zh=5\text{mm}$ 、 $Yh=\pm 2.5\text{mm}$ の位置になるように旋盤に固定できるよう、ブランク150を組み込み用部材151に固定する。後は、前述と同じようにして製作することができる。

【0047】以上のようにして、要素反射面A1、B1、C1を製作し、これらの要素反射素子を図3のように配列することにより、多光源形成反射鏡を高精度に製作することができる。以上のように、同じ曲率半径を有する球面の1部分である要素反射面A1、B1、C1から構成される多面反射鏡2の加工方法を示した。しかし、本発明で加工できる要素反射面の形状はこれに限られない。たとえば、要素反射面の種類は、3種類よりも多くても、少なくとも良い。また、要素反射面は非球面の1部分であっても良い。また、ブロックからブランクを切り出すときの方法に放電ワイヤーを用いても良い。

【0048】前述の実施の形態では、組み込み用部材としては、切り出されたブランクを粉末状の樹脂を埋め込んで形成された樹脂製の組み込み用部材を用いたが、本発明はこれだけに限られない。他には、例えば、組み込み用部材を最初に形成しておき、その組み込み用部材にブランクの雌形状に相当する穴をあけ、ブランクの光学面を形成する面に形状加工を行う際には、ブランクを組み込み用部材の穴に挿入して組み込んでも良い。また、

他に、図13に示すように、組み込み用部材151を組み込み用部材151aと組み込み用部材151bの分割構造にし、組み込み用部材151aと組み込み用部材151bとでブランク150を挟み込むようにして支持しても良い。なお、分割構造は図13に示されたパターン以外でも良い。なお、組み込み用部材151については、今まで樹脂製を前提に話をしてきたが、本発明はこれに限られるものではなく、金属、セラミックス又はガラスでも良い。

【0049】また、更に本発明では、要素反射面が形成されたブランクをただ並べて配置するだけの無く、図14に示すように組み上げても良い。図14は、前述のように要素反射面が形成されたブランクの裏面に、位置調整用部材200を設けたブランク150aを示している。この位置調整用部材200は、直交する3つの方向にそれぞれ基準面x1、y1、z1が形成されている。また、図14には要素反射面が形成されたブランク151aを固定する基板201に、基準部材202が形成されている。この基準部材202には、基準面x1、y1に対向するようにx2、y2の基準面が形成されている。これを多面反射鏡2に必要な反射面の数と同じ数だけ設けられている。位置調整用部材200が設けられたブランク150aを基板201に固定する際には、基準面x1とx2、y1とy2がそれぞれ接する用に配置し、更に基準面z1は基板と接するように配置して固定する。この様にすることで各ブランクを効率よく高精度に配置することが出来る。

【0050】なお、このように加工した面に対して反射率を上げるために、アルミニウム薄膜を約100nmの厚さに蒸着によって形成することが好ましい。また、さらにその上に酸化防止と反射率の維持の観点よりフッ化マグネシウムを数十nmの厚さに蒸着により形成した。この様にすることで、F<sub>2</sub> レーザから放射された波長の光を効率よく反射することが可能となる。また更に、軟X線領域の光（電磁波）を使用する時のためには、ケイ素とモリブデンの多層膜（前述の参考文献1を参照）を形成することが好ましい。

#### 【0051】

【発明の効果】上述のように、本発明によって提供される加工方法により、多数の反射面からなる複雑形状の反射鏡を高精度かつ高い加工効率で製造できる。また本製造方法により得られた反射鏡は、半導体デバイス製造装置用の照明装置に好適である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】：本発明の第1の実施の形態に係る加工手順を示すブロック図である。

【図2】：本発明の第1の実施の形態に係る加工手順で形成された多面反射鏡を使用した露光装置の光学系の概略構成図である。

【図3】：本発明の第1の実施の形態に係る加工手順で

形成された多面反射鏡の概略構成図

【図4】：多面反射鏡を構成する要素反射面の面形状を示す図

【図5】：従来加工法により形成された多面反射鏡の形状を示した図である。

【図6】：ブロックから切り出されたブランクの形状を示した図である。

【図7】：ブランクを組み込み用部材に組み込んだときの様子を示した図面である。

【図8】：所望の反射面が形成されたブランクの概略図である。

【図9】：本発明の第2の形態の加工法で形成された多面反射鏡の概略構成図である。

【図10】：本発明の第2の形態の加工法で形成された多面反射鏡の概略構成図である。

【図11】：本発明の第2の形態の加工法で形成された多面反射鏡の概略構成図である。

【図12】：ブロックからブランクをフライスで切り出す方法を示した図である。

【図13】：組み込み用部材の他の例を示した図である。

【図14】：ブランクに形成された位置調整用部材と、基板に設けられた基準部材を示した図である。

【図15】：反射型凸面円柱形状のインテグレータの概略図である。

【図16】：反射型凹面円柱形状のインテグレータの概略図である。

【図17】：ボールエンドミルの形状と加工可能な曲面を示した図である。

【図18】：従来の加工法で形成された反射型凸面円柱形状のインテグレータの断面形状図である。

#### 【符号の説明】

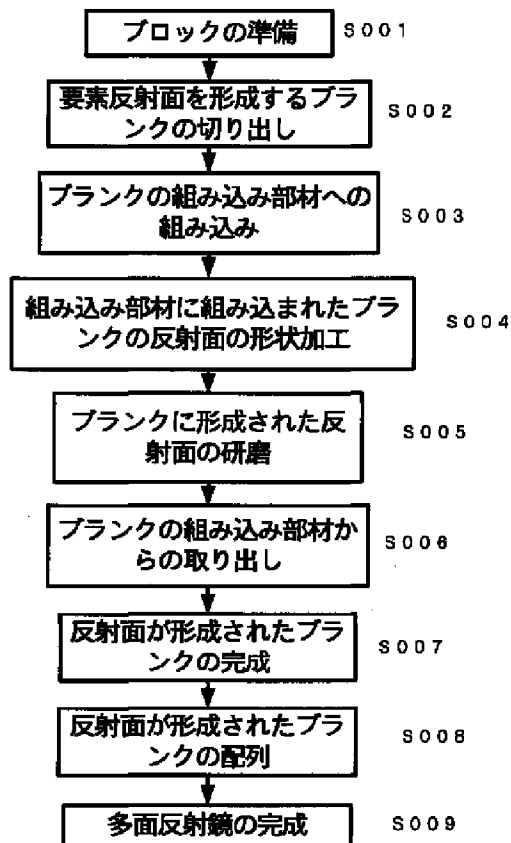
- |                |       |                   |
|----------------|-------|-------------------|
| 1              | ..... | 光源                |
| 2              | ..... | 多面反射鏡             |
| 3              | ..... | コンデンサー光学素子        |
| 4              | ..... | 反射鏡               |
| 5              | ..... | マスク、              |
| 5 s            | ..... | マスクステージ           |
| 6              | ..... | 投影光学系             |
| 7              | ..... | ウェハ、              |
| 7 s            | ..... | ウェハステージ           |
| 8              | ..... | マスクステージコントローラ     |
| 9              | ..... | ウェハステージコントローラ     |
| 41             | ..... | 要素反射面の反射面形状を示す凹球面 |
| 51             | ..... | 従来の加工法で形成された要素反射面 |
| 121            | ..... | ブロック              |
| 122            | ..... | フライスカッタ           |
| 150、91、101、111 | ..... | ブランク              |



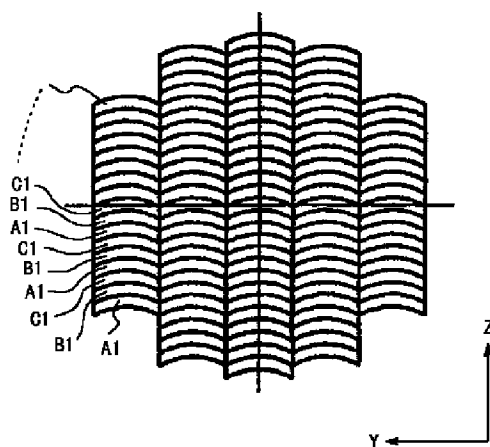
150a . . . . . 位置調整用部材が形成されたブランク  
 151 . . . . . 組み込み用部材  
 201 . . . . . 基板

202 . . . . . 基準部材  
 A1、B1、C1・要素反射面  
 CR . . . . . 加工残り

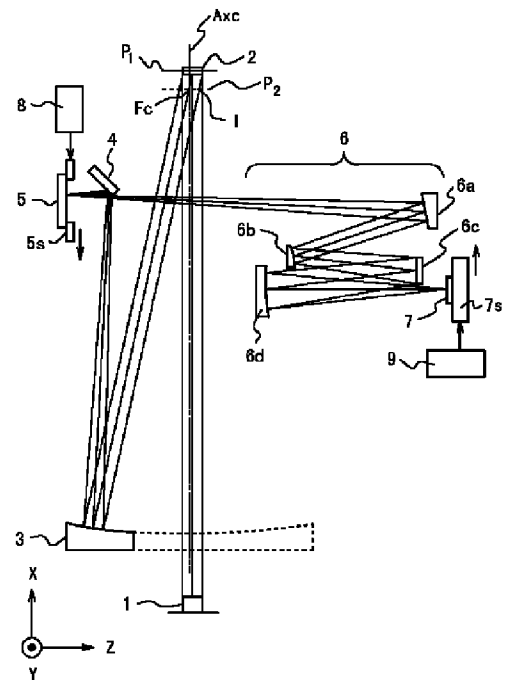
【図1】



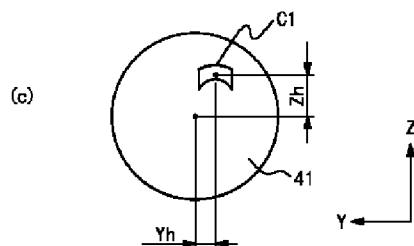
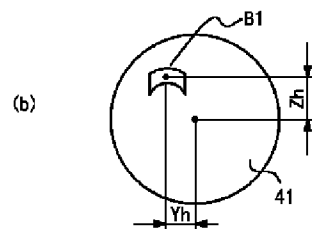
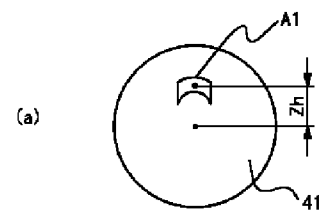
【図3】



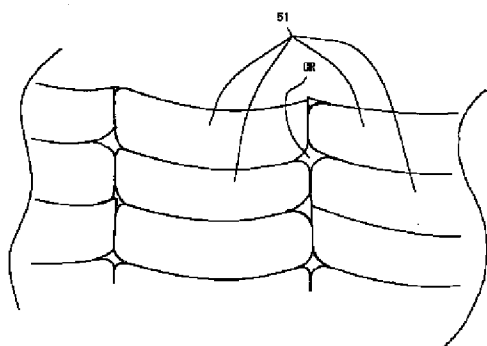
【図2】



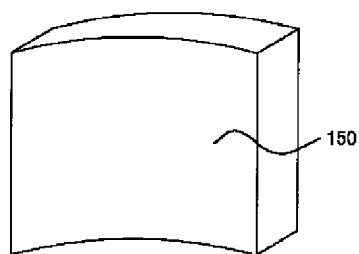
【図4】



【图5】

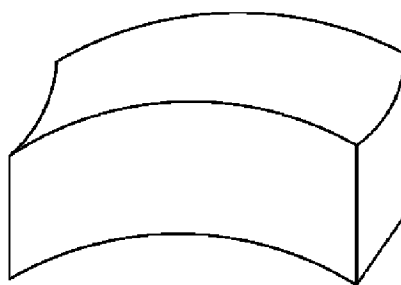
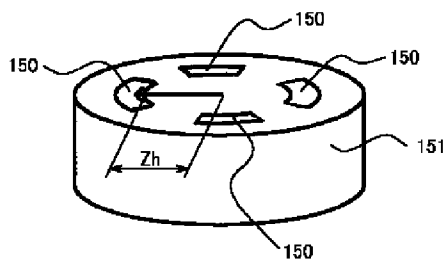


【图6】



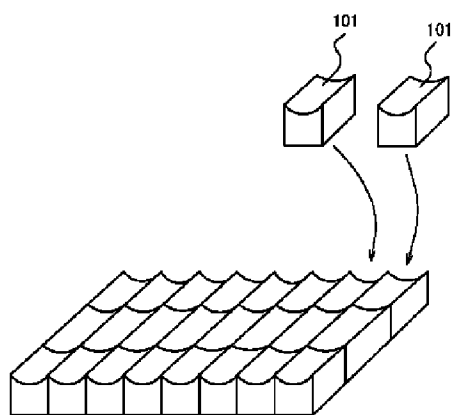
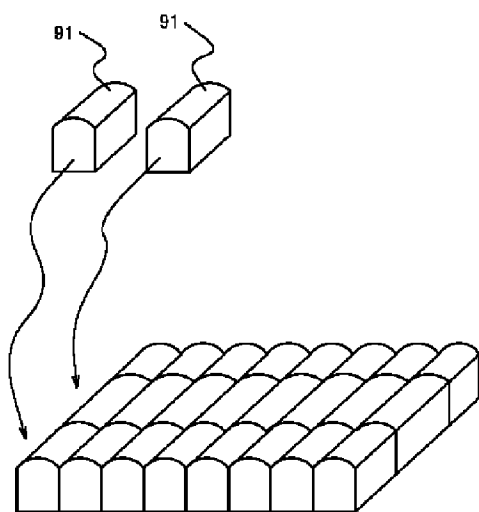
【图7】

【图8】



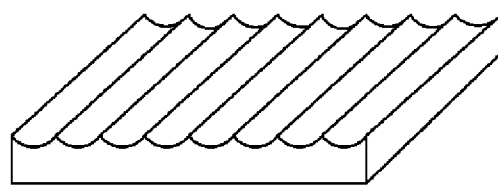
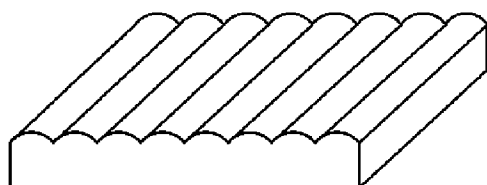
【图9】

【图10】

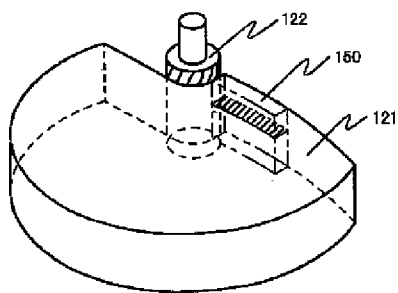


【图15】

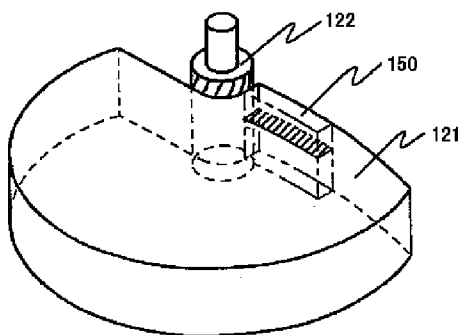
【图16】



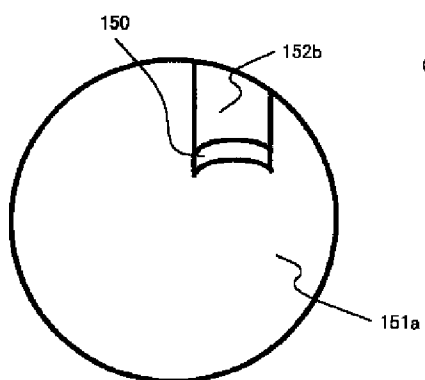
【図 1 1】



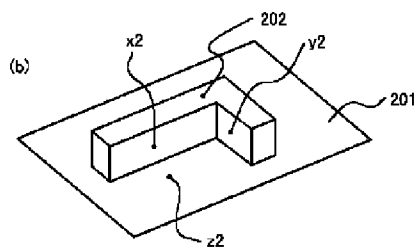
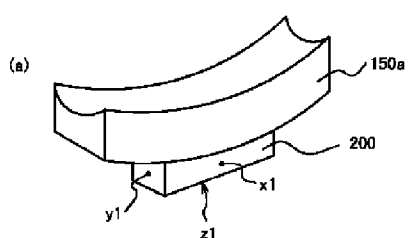
【図 1 2】



【図 1 3】

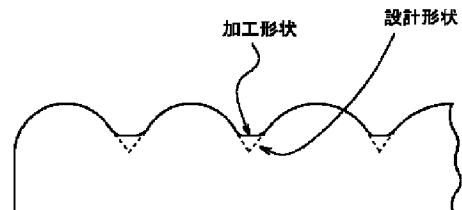
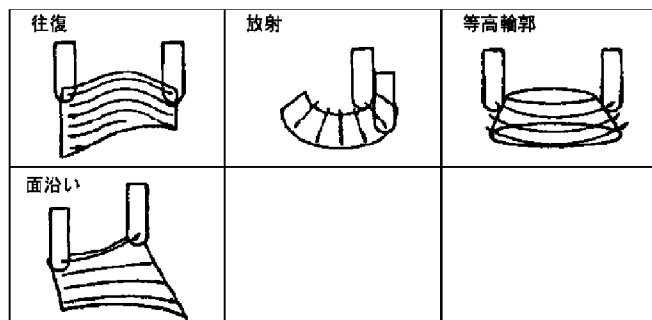


【図 1 4】



【図 1 7】

【図 1 8】



(a)

(b)